

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 832 345

(21) N° d'enregistrement national :

01 14923

(51) Int Cl<sup>7</sup> : B 25 J 17/02, B 25 J 1/02

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 19.11.01.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.05.03 Bulletin 03/21.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement de caractère scientifique technique et industriel — FR.

(72) Inventeur(s) : GOSSELIN FLORIAN, RIWAN ALAIN et PONSORT DOMINIQUE.

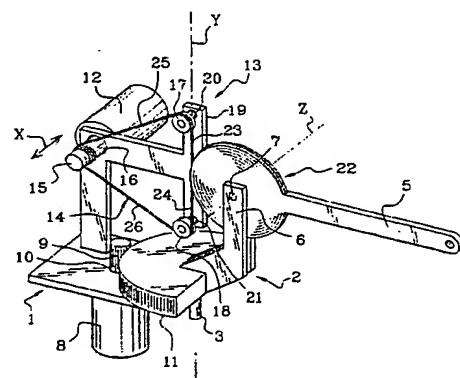
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : BREVATOME.

(54) MECANISME ARTICULE COMPRENNANT UN REDUCTEUR A CABLE UTILISABLE DANS UN BRAS DE ROBOT.

(57) Une liaison à câble de transmission (14) entre une poulie motrice (15) et une poulie entraînée (22) faisant tourner un organe mobile (5) présente deux brins (23, 24) reliant la poulie entraînée (22) à des poulies folles (17, 18) qui sont sensiblement alignés avec un axe (Y) de rotation d'une pièce intermédiaire (2) à l'organe (5) et à l'embase (1) sur laquelle le moteur (12) est fixé. Ainsi, le moteur (12) est disposé sur les pièces éventuellement fixes et la rotation du support (2) n'a que peu d'effet sur la tension du câble (14), ce qui lui permet de toujours travailler convenablement.

L'invention s'applique surtout aux bras de robots articulés.



FR 2 832 345 - A1



MECANISME ARTICULE COMPRENANT UN REDUCTEUR A CABLE  
UTILISABLE DANS UN BRAS DE ROBOT  
DESCRIPTION

5 Le sujet de cette invention est un mécanisme articulé comprenant notamment un réducteur à câble pouvant appartenir à un bras de robot.

10 Les robots désignent, de manière générale, des structures déformables de manière commandée pour accomplir certains travaux, ainsi que des bras maîtres actionnés par un opérateur pour transmettre des instructions à un bras esclave reproduisant les mouvements du bras maître ou à un environnement virtuel par l'intermédiaire de transmissions mécaniques ou 15 d'interfaces informatiques.

Plusieurs contraintes de conception pèsent sur les robots et notamment sur les bras maîtres. Il faut tout d'abord que l'opérateur d'un bras maître éprouve des sensations analogues à celles qu'il aurait 20 en commandant directement le bras esclave, surtout quand celui-ci travaille : les efforts reçus par le bras esclave doivent donc être reproduits avec une fidélité suffisante dans le bras maître. Les liaisons entre les différentes portions du robot, 25 essentiellement des articulations, doivent être dotées de peu de jeu et pourvues de transmissions précises, de faible inertie, présentant peu de frottement mais susceptibles d'être bloquées facilement. Enfin, il est souhaitable que les robots soient aussi légers que 30 possible, ce qui implique non seulement de diminuer leur poids propre mais de le répartir de façon qu'il ne s'exerce que modérément sur les moyens de commande du

robot utilisés pour le déplacer ou, au contraire, le maintenir à un état stable par une reprise d'effort statique.

Les moyens employés pour commander ainsi les articulations ou les autres liaisons du robot comprennent avant tout des moteurs qui sont parmi les éléments les plus pesants des robots. Il est de pratique courante de les disposer autant que possible sur des embases ou des parties basses du robot afin de réduire ou de supprimer les moments nécessaires à les soulever ou à les déplacer. Il incombe alors de prévoir une transmission convenable entre le moteur et l'organe du robot qu'il entraîne et qui assure aussi la réduction de la vitesse angulaire du moteur. Cela est facile si l'organe est directement lié à l'embase ; mais s'il est lié à l'embase par l'intermédiaire d'un autre organe, mobile sur l'embase et offrant donc un autre degré de liberté, il est beaucoup plus difficile de concevoir une transmission convenable en raison des emplacements beaucoup plus complexes que l'organe peut prendre par rapport à l'embase.

Parmi les transmissions qu'on peut proposer, il convient de citer les câbles tendus entre l'arbre du moteur et une portion de fixation appartenant à l'organe entraîné. De telles transmissions sont adoptées sur les télémanipulateurs à bras maître et bras esclave, où les câbles présentent toutefois l'inconvénient d'être longs, ce qui réduit la raideur de la transmission, et de passer par des trajectoires complexes qui entraînent des couplages entre les mouvements des différentes parties du robot.

Les câbles de transmission disposés entre deux portions de robot qui ne sont pas directement reliées entre elles doivent normalement être tendus sur des poulies fixées à des organes intermédiaires. Il 5 apparaît alors les problèmes que les distances entre leurs points de fixations sur le moteur, les organes intermédiaires et l'organe qu'ils entraînent varient en général, produisant ainsi une modification de la tension du câble par élasticité, avec l'inconvénient 10 que la rigidité du robot est modifiée. Le dommage est plus prononcé quand le robot est un bras maître déplacé manuellement et le moteur est un moteur de retour d'effort, car l'opérateur ne peut qu'être gêné en sentant que la résistance mécanique que le bras lui 15 oppose varie avec le déplacement.

Une transmission réductrice à câble améliorée est proposée comme élément essentiel de l'invention. Sous sa forme plus générale, elle concerne un mécanisme articulé pouvant appartenir à un bras de 20 robot, comprenant une embase, un support tournant sur l'embase autour d'un premier axe et un organe tournant sur le support autour d'un deuxième axe non parallèle au premier axe, ainsi qu'un actionneur de l'organe pour le faire tourner, l'actionneur comprenant : un moteur 25 fixé à l'embase ; et caractérisé en ce que l'actionneur comprend en outre un câble tendu entre un arbre du moteur, au moins une paire de poulies folles tournant sur le support, et une poulie liée à l'organe, les poulies folles étant sensiblement tangentes au premier 30 axe ; le câble formant une paire de brins sensiblement en prolongement et colinéaires au premier axe ; les

poulies folles et la poulie de l'organe étant disposées de façon que lesdits brins de la paire s'étendent entre la poulie de l'organe et, respectivement, les poulies folles.

5 En faisant faire au câble une paire de brins sensiblement en prolongement, et colinaires au premier axe, on garantit que l'allongement et la tension du câble ne sont que très peu modifiés quand le support intermédiaire tourne autour du premier axe. Des 10 conceptions perfectionnées du mécanisme permettent de diminuer encore cet allongement indésirable..

D'après certaines caractéristiques avantageuses de l'invention, l'arbre du moteur est perpendiculaire à des axes de rotation de deux des 15 poulies folles entre lesquelles et l'arbre du moteur le câble forme deux brins rectilignes ; et une transmission linéaire existe entre l'arbre du moteur et le câble.

Dans une forme plus complexe de l'invention, il est fourni un mécanisme articulé, pouvant appartenir à un bras de robot, comprenant une embase, un support tournant sur l'embase autour d'une premier axe, caractérisé en ce qu'il comprend deux 20 poulies de commande d'un bras par un mécanisme de liaison et deux actionneurs des poulies de commande, les actionneurs comprenant chacun : un moteur fixé à l'embase ; un câble tendu entre un arbre du moteur, une paire de poulies folles tournant sur le support et une 25 des poulies de commande ; les poulies folles étant sensiblement tangentes au premier axe ; les poulies folles et les poulies de commande étant disposées de 30

façon que les câbles forment des paires de brins sensiblement en prolongement et colinéaires au premier axe qui s'étendent chacun entre une des poulies de commande et une des poulies folles ; avantageusement, 5 le mécanisme de liaison comprend un organe rigidement lié à une des poulies de commande et une bielle articulée à l'autre des poulies de commande, le bras étant articulé à la bielle et à l'organe ; les poulies de commande étant parallèles.

10 Les figures 1, 2 et 3 permettent de découvrir trois réalisations de l'invention, et la figure 4 un agencement plus complexe dans lequel l'invention est employée avec profit.

15 Les trois modes de réalisations préférés qu'on va successivement décrire, mais qui sont toujours plus perfectionnés, comprennent certains éléments communs qu'on découvre à la figure 1, dont une embase 1 pouvant être immobile ou non, un support 2 monté sur l'embase 1 en tournant autour d'un pivot 3 orienté 20 selon un premier axe Y, et un organe 5 monté sur un bras 6 du support 2 par un pivot 7 tournant autour d'un deuxième axe Z. Les axes Y et Z restent ici perpendiculaires malgré les mouvements possibles du support 2 et de l'organe 5 ; dans d'autres 25 réalisations, ils sont simplement non parallèles. Un premier moteur 8 entraîne le support 2 en rotation par l'intermédiaire d'une transmission élémentaire composée d'un pignon 9 sur l'arbre de sortie 10 du moteur 8 et d'une couronne dentée 11 engrenante taillée sur le 30 pourtour du support 2.

Un deuxième moteur 12 entraîne l'organe 5 ; comme le premier moteur 8, il est fixé à l'embase 1 et ne peut donc entraîner l'organe 5 que par une transmission plus compliquée ; alors que la 5 transmission précédente pouvait comprendre, au lieu d'un engrenage, une courroie, un câble, etc. il est préconisé que la transmission 13 composite entre le deuxième moteur 12 et l'organe 5 comprenne avant tout un câble 14 tendu entre une poulie motrice 15 disposée 10 sur l'arbre 16 de sortie du moteur 12, une paire de poulies folles 17 et 18 montées sur un bras 19 de l'embase 1 par des pivots 20 et 21 respectifs, et une poulie entraînée 22 dépendant de l'organe 5, et rigidement fixée à lui. Le câble 14 est enroulé autour 15 de la poulie entraînée 22 en faisant une portion de tour suffisante pour obtenir le débattement désiré, et autour de la poulie motrice 15 en faisant plusieurs tours pour qu'un frottement suffisant retienne le câble 14 de glisser. Les pivots 20 et 21 des poulies folles 20 17 et 18 sont perpendiculaires au premier axe Y et s'étendent à peu de distance de lui, de sorte que le câble 14 tendu entre la poulie entraînée 22 et chacune 25 des poulies folles 17 et 18 forme une paire de brins 23 et 24 sensiblement en prolongement et confondus avec le premier axe Y.

La rotation du support 2 autour du premier axe Y ne modifie que très peu la position des brins 23 et 24 et n'a donc guère d'influence sur la tension du câble 14, ce qui est le résultat qu'on recherchait. On 30 notera que le câble 14 sera généralement enroulé en plusieurs spires autour de la poulie motrice 15 pour

lui permettre d'entraîner le câble par un frottement suffisant, et que les brins correspondants du câble 14 menant respectivement aux poulies folles 17 et 18 et notés 25 et 26 ne seront donc pas coplanaires. Les 5 poulies 17 et 18 seront avantageusement placées dans de plans formés respectivement par les brins 23 et 25 ou 14 et 24 en milieu de course du moteur.

Cependant les axes des pivots 20 et 21 ne sont alors pas parallèles, Ce qui peut être 10 désavantageux.

La réalisation de la figure 2 diffère de la précédente par la position du deuxième moteur ainsi que par la forme du câble qui ne procure pas l'inconvénient indiqué ci-dessus ; les éléments correspondant à ceux 15 de la première réalisation mais pour lesquels la description devra être amendée ou complétée porteront un numéro de référence augmenté de 100.

Le câble 114 est maintenant tendu entre deux poulies folles supplémentaires 30 et 31 disposées 20 entre l'arbre 116 du moteur 112 et, respectivement, les poulies folles 17 et 18 précédentes. Il forme un rectangle entre la poulie motrice 115 et la poulie entraînée 22.

Cette disposition prend son sens si le 25 moteur 112 est orienté de manière que son arbre 116 soit perpendiculaire au deuxième axe Z, lorsque celui-ci est placé dans la configuration de la figure 2, comme au premier axe Y et que sa poulie 115 soit sensiblement tangente au plan passant par les poulies 30 folles supplémentaires 30 et 31 : les brins 32 et 33 du câble 114 menant des poulies folles supplémentaires 30

et 31 à la poulie entraînée 115 sont alors sensiblement coplanaires, de même d'ailleurs que le reste du câble 114, qui est tendu en restant droit dans les gorges des poulies folles 17, 18, 31 et 32.

5 Si on veut bien revenir à la figure 1, on s'apercevra que la rotation de l'arbre moteur 16 produit un déroulement des spires d'un côté de la poulie 115 et un enroulement de spires supplémentaires de l'autre côté, c'est-à-dire un déplacement de 10 l'empilement des spires dans la direction X ou le long de l'arbre moteur 16. Il est de nature à faire varier la tension du câble 114 et empêcher ainsi de parvenir parfaitement à l'objectif qu'on s'était fixé. Cet allongement résiduel du câble 114 existe toujours dans 15 la réalisation de la figure 2, mais comme il s'effectue sans déplacer sensiblement le câble 114 du plan dans lequel il s'étend, une meilleure stabilité de fonctionnement du mécanisme est tout de même obtenue.

On obvie parfaitement à cet allongement résiduel du câble en adoptant l'agencement de la figure 3, qui se distingue du précédent en ce que le câble (ici 214) n'est pas enroulé sur une poulie motrice mais est fixé à une transmission linéaire telle qu'une crémaillère 40 associée à un câble supplémentaire 41 20 enroulé autour d'une poulie 215 de l'arbre moteur 216. Dans un tel système, la rotation de l'arbre moteur 216 déplace la crémaillère 40 linéairement (verticalement) et fait coulisser le câble 214 sur lui-même sans aucunement changer sa forme ; les déformations 25 consécutives au déplacement de l'empilement des spires sont supportées par le câble supplémentaire 41. Dans 30

cette réalisation encore moins que dans les précédentes la tension du câble 214 ne dépend pas des mouvements du support 2 ni de l'organe 5.

Il est à noter que d'autre poulies folles 5 peuvent être ajoutées si le moteur d'entraînement 12, 112 ou 212 doit être placé plus loin de l'organe dans une autre position. De même, les poulies folles supplémentaires pourraient être en nombre impair. De la même façon, des poulies folles peuvent être disposées 10 sur le corps 2 pour placer l'axe Z de rotation du corps 5 dans une autre position ou orientation.

L'invention a jusqu'à présent été décrite pour un bras maître avec des moteurs de retour d'efforts. Elle pourrait aussi s'appliquer à des robots 15 au déplacement commandé par ces mêmes moteurs.

Un agencement d'articulation de bras de robot incluant le mécanisme précédent pourra être décrit au moyen de la figure 4.

Il s'agit en fait d'un développement de la 20 réalisation de la figure 1, où en sus de l'organe 5, du deuxième moteur 12, etc. on trouve un mécanisme analogue qui comprend un troisième moteur 60, un arbre de sortie 61 à poulie motrice 62, une paire de poulies folles 66 et 67 et une poulie entraînée 65 et parallèle 25 à la poulie entraînée précédente 22 en tournant autour du second axe Z. Un câble 63 est tendu entre la poulie motrice 62 et la poulie entraînée 65 en passant par les poulies folles 66 et 67, qui sont respectivement adjacentes aux poulies folles 17 et 18 de l'autre 30 mécanisme : les brins 70 et 71 du câble 63 reliant les poulies folles 66 et 67 à la poulie 65 sont eux aussi

sensiblement confondus avec le deuxième axe Y. Les câbles 14 et 63 sont situés dans des plans faisant un angle aigu entre eux de manière à éloigner un peu les moteurs 12 et 60 l'un de l'autre tout en les maintenant 5 montés chacun sur l'embase 1.

A la poulie entraînée 65 peut être articulée une bielle 68. Ce mécanisme de type parallélogramme pourrait également être réalisé à l'aide de câbles ; pour cela un ou plusieurs brins de 10 câbles sont fixés sur des poulies liées aux corps 65 et 69 et dont les axes passent respectivement par l'axe (Z) et par l'axe de liaison des corps 5 et 69, réalisant ainsi la transmission du mouvement de la poulie de commande 65 au corps 69. On voit que les 15 déplacements du bras 69 dans un plan vertical peuvent être commandés par des mouvements conjoints des moteurs 12 et 60, qui font tourner indépendamment les deux poulies entraînées 22 et 65, et que le moteur 8 permet de modifier la position du plan de pivotement du bras 20 69. Les deux systèmes de transmission commandés par les moteurs 12 et 60 bénéficient tous deux presque pleinement des avantages de l'invention en raison de la proximité des brins des câbles 14 et 63 qui sont adjacents aux poulies entraînées 22 et 65 et de l'axe 25 Y. On notera que l'extrémité du bras 69 peut prendre toutes les positions dans l'espace, alors que les trois moteurs qui commandent cette position sont tous fixés à l'embase 1 en formant un ensemble compact. Le robot ainsi formé sera peu encombrant, le bras 69 étant nu et 30 les moteurs étant rassemblés à une portion d'embase immobile (ou moins mobile) du robot ; et l'organe 5, la

bielle 68 et le bras 69 n'auront pas à résister aux efforts produits par le poids de moteur et pourront être construits avec plus de légèreté. Pour obtenir un robot à six degrés de liberté on peut, par exemple, 5 adjoindre un poignet au robot sur la figure 4.

## REVENDICATIONS

1) Mécanisme articulé, pouvant appartenir à un bras de robot, comprenant une embase (1), un support (2) tournant sur l'embase autour d'un premier axe (Y) 5 et un organe tournant sur le support (2) autour d'un deuxième axe (Z) non parallèle au premier axe, ainsi qu'un actionneur de l'organe pour le faire tourner, l'actionneur comprenant : un moteur fixé à l'embase ; et caractérisé en ce que l'actionneur comprend en outre 10 un câble (14) tendu entre un arbre du moteur, une paire de poulies folles tournant sur le support , et une poulie liée à l'organe, les poulies folles (17, 18) étant sensiblement tangentes au premier axe ; les poulies folles (17, 18) et la poulie de l'organe (22) 15 étant disposées de façon que le câble forme entre la poulie de l'organe et, respectivement, les poulies folles, une paire de brins (23, 24) sensiblement en prolongement et colinéaires au premier axe.

2) Mécanisme articulé suivant la 20 revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend d'autres poulies folles (30, 31), le câble étant tendu entre l'arbre du moteur et la poulie de l'organe en formant deux branches passant par deux groupes complémentaires des poulies folles.

25 3) Mécanisme articulé suivant l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'arbre du moteur (116, 216) est perpendiculaire à deux des poulies folles entre lesquelles et l'arbre du moteur le câble forme deux brins rectilignes.

30 4) Mécanisme articulé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce

qu'il comprend une transmission (40) à déplacement linéaire entre l'arbre du moteur et le câble.

5) Mécanisme articulé, pouvant appartenir à un bras de robot, comprenant une embase (1), un support (2) tournant sur l'embase autour d'un premier axe (Y), caractérisé en ce qu'il comprend deux poulies de commande (22, 65) d'un bras (69) par un mécanisme de liaison (5, 68) et deux actionneurs des poulies de commande, les actionneurs comprenant chacun : un moteur (12, 60) fixé à l'embase ; un câble (14, 63) tendu entre un arbre du moteur (16, 61), une paire de poulies folles (17, 18, 66, 67) tournant sur le support et une des poulies de commande (22, 65) ; les poulies folles étant sensiblement tangentes au premier axe ; les poulies folles et les poulies de commande étant disposées de façon que les câbles forment des paires de brins (23, 24 ; 70, 71) sensiblement en prolongement et colinéaires au premier axe (Y) qui s'étendent chacun entre une des poulies de commande (22, 65) et une des poulies folles (17, 18 ; 66, 67).

6) Mécanisme articulé suivant la revendication 5, caractérisé en ce que les câbles (14, 63) s'étendent sensiblement dans les plans en formant un angle aigu.

25 7) Mécanisme articulé suivant l'une quelconque des revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que le mécanisme de liaison comprend un organe (5) rigidement lié à une des poulies de commande (22) et une bielle (68) articulée à l'autre des poulies de commande (65) ; le bras (69) étant articulé à la bielle et à l'organe ; les poulies de commande étant

parallèles et tournant autour d'un deuxième axe (Z) non parallèle au premier axe (Y).

8) Mécanisme articulé suivant la  
5 revendication 7 caractérisé en ce que la bielle 68 est  
remplacée par un ou plusieurs brins de câbles fixés sur  
des poulies liées aux corps (5 et 69) et dont les axes  
passent respectivement par l'axe (Z) et par l'axe de  
liaison des corps (5 et 69), et réalisant la  
10 transmission du mouvement de la poulie de commande (65)  
au corps (69).

9) Mécanisme articulé suivant l'une  
quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce  
que le premier axe (Y) et le deuxième axe (Z) sont  
15 orthogonaux.

1/4

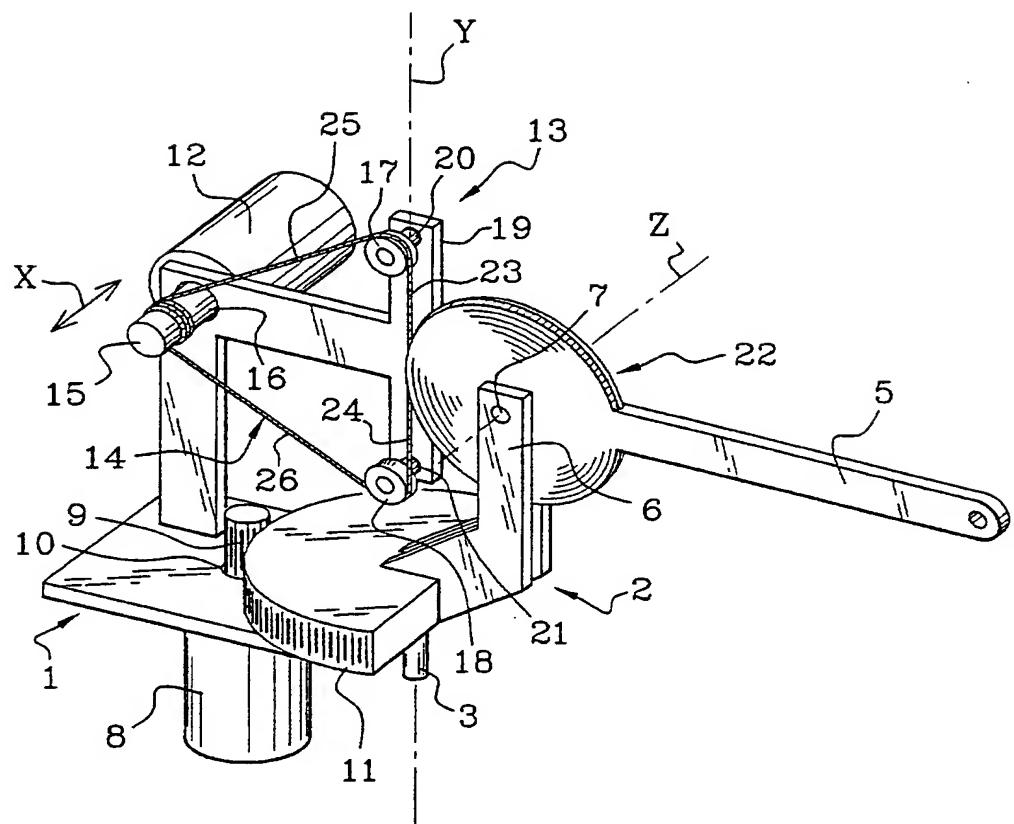


Fig. 1

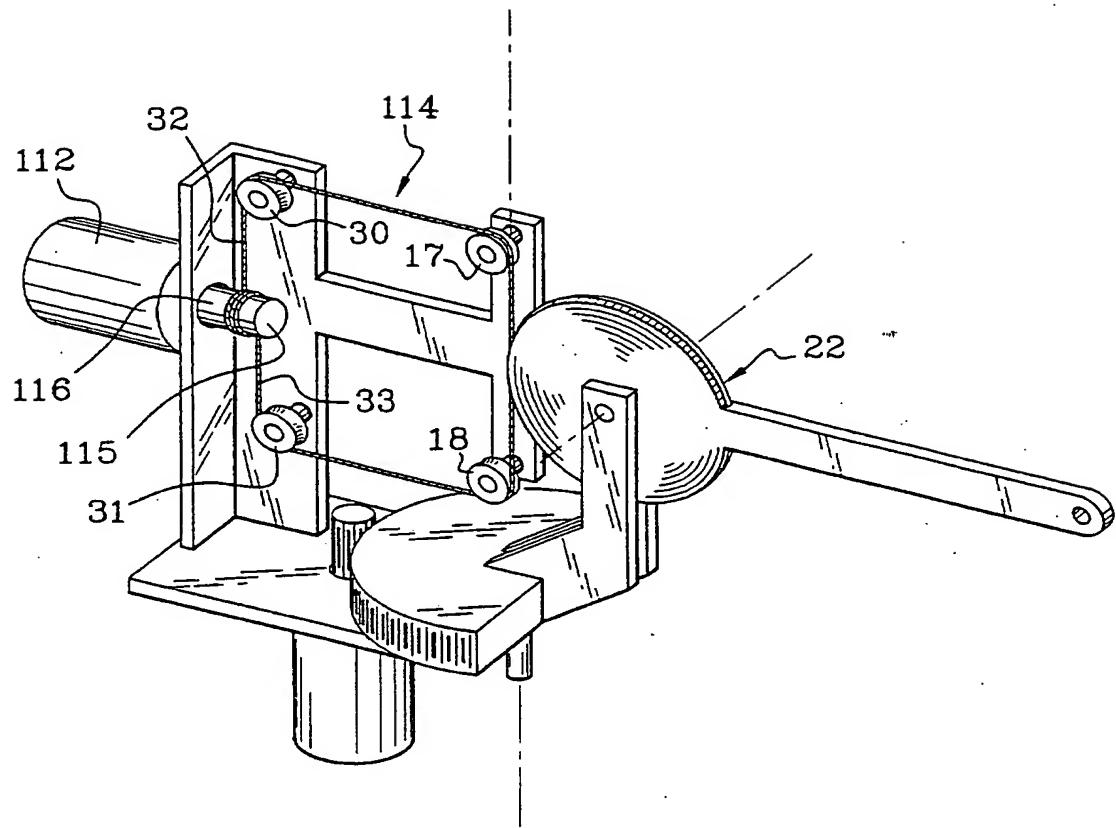


Fig. 2

2832345

3/4

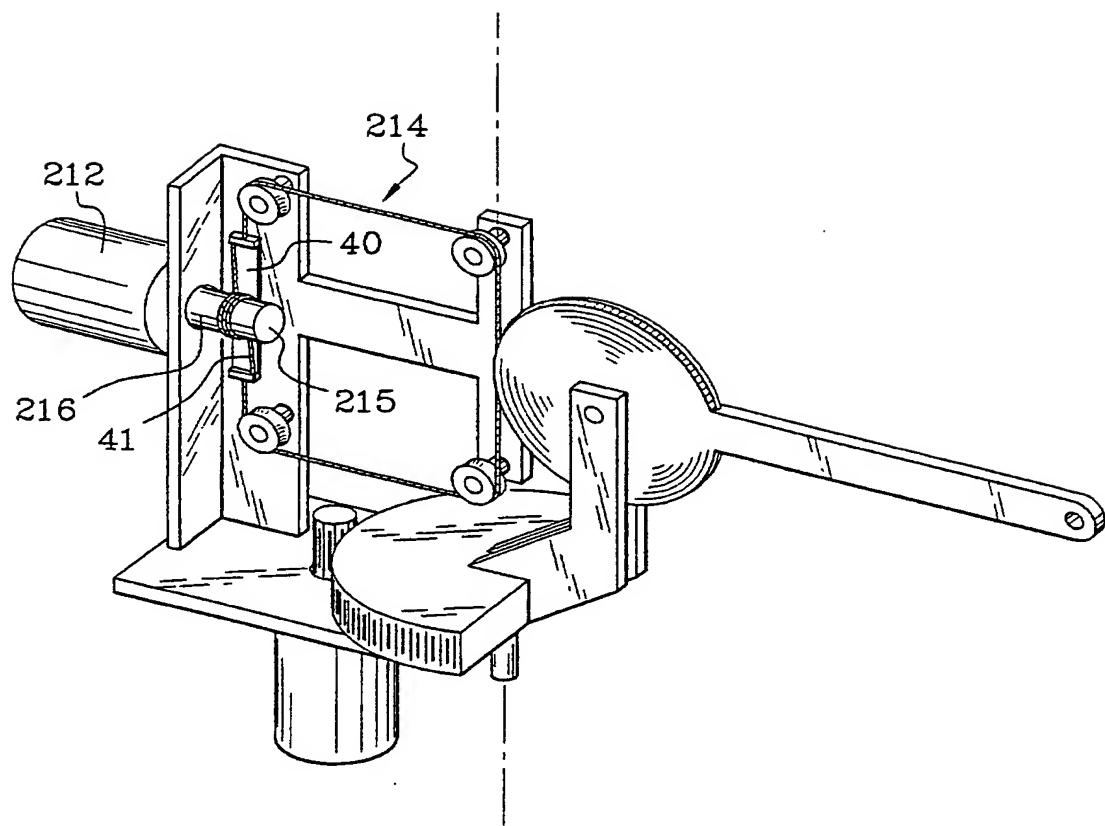


Fig. 3

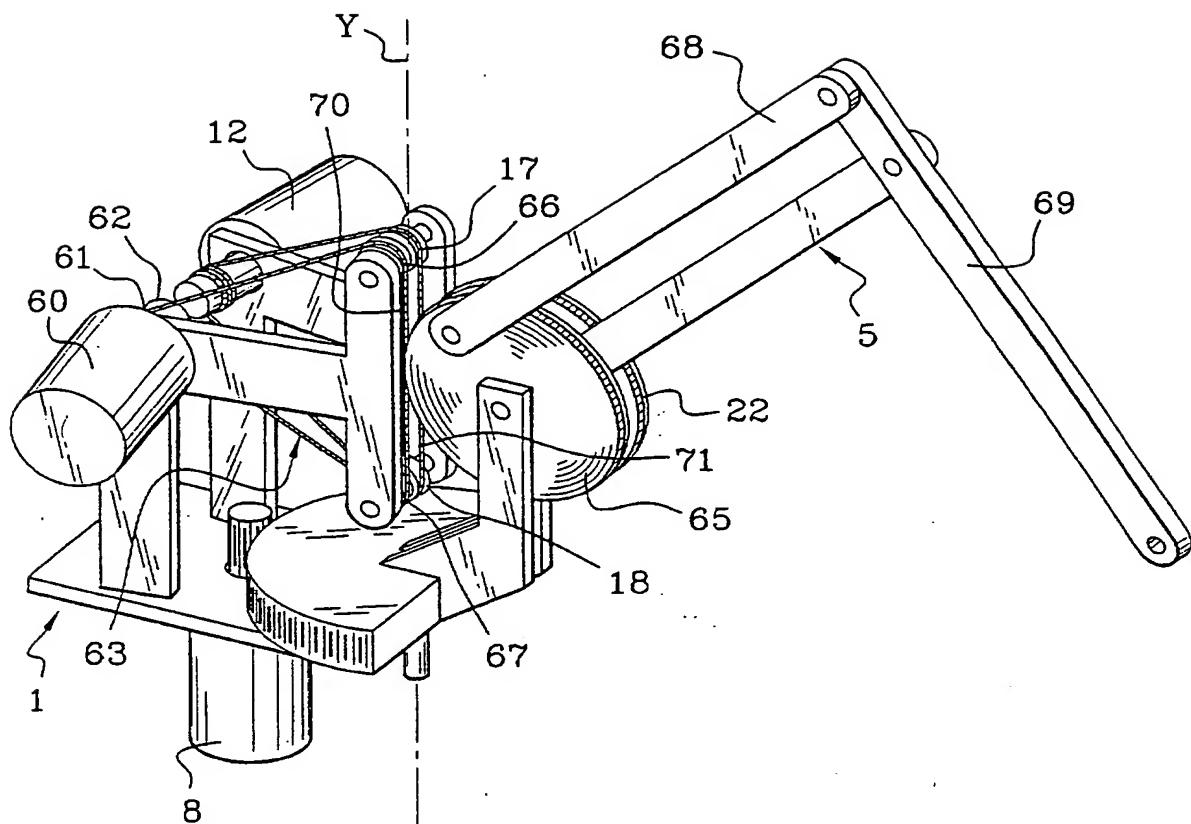


Fig. 4

2832345

N° d'enregistrement  
nationalFA 613249  
FR 0114923

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
**PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

<b>DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS</b>		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 5 207 114 A (SALISBURY JR J KENNETH ET AL) 4 mai 1993 (1993-05-04) * le document en entier * -----	1-9	B25J17/02 B25J1/02
A	FR 2 434 685 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 28 mars 1980 (1980-03-28) * le document en entier * -----	1-9	
		DOMAINE TECHNIQUE RECHERCHÉS (Int.Cl.7)	B25J F16H
1			
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
	5 juillet 2002	- Lumineau, S	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

2832345

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0114923 FA 613249**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date d'05-07-2002

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5207114	A	04-05-1993	US	4903536 A	27-02-1990
			US	5046375 A	10-09-1991
			EP	0412117 A1	13-02-1991
			JP	3505067 T	07-11-1991
			WO	8910242 A1	02-11-1989
FR 2434685	A	28-03-1980	FR	2434685 A1	28-03-1980
			DE	2966024 D1	08-09-1983
			EP	0008981 A1	19-03-1980
			JP	1485390 C	14-03-1989
			JP	55037297 A	15-03-1980
			JP	63027154 B	01-06-1988
			US	4283165 A	11-08-1981

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**